

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11)

Veröffentlichungsnummer: **0 367 973**  
**A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21)

Anmeldenummer: 89118008.5

(51)

Int. Cl.<sup>5</sup>: **F02D 41/16, G01P 3/48,**  
**F02D 41/28**

(22)

Anmeldetag: 28.09.89

(30)

Priorität: 14.10.88 DE 3835002

(43)

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
16.05.90 Patentblatt 90/20

(84)

Benannte Vertragsstaaten:  
AT DE FR GB IT

(71)

Anmelder: **DAIMLER-BENZ**  
**AKTIENGESELLSCHAFT**  
Mercedesstrasse 136  
D-7000 Stuttgart 60(DE)

(72)

Erfinder: **Burckhardt, Christoph**  
Straussweg 31  
D-7000 Stuttgart 1(DE)

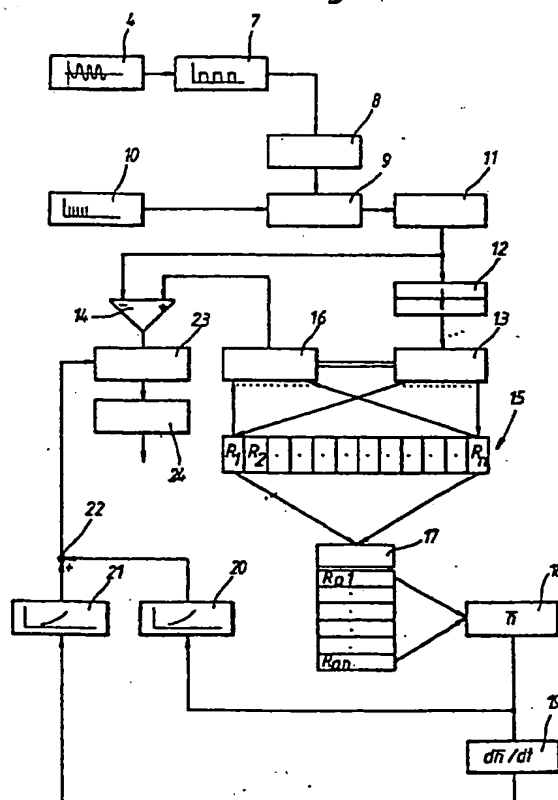
(54)

Verfahren zur Erfassung und Auswertung der Drehzahl bei Mehrzylinder-Brennkraftmaschinen.

(57)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erfassung und Auswertung der Drehzahl einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine. Die Drehzahlwerte einzelner, gleich großer Intervalle jedes Arbeitsspiels der Brennkraftmaschine werden in getrennten, aufeinanderfolgenden Speicherregistern abgespeichert, mit den entsprechenden Werten der Intervalle des darauffolgenden Arbeitsspiels verglichen und zu Regelzwecken ausgewertet.

Fig. 2



EP 0 367 973 A1

## Verfahren zur Erfassung und Auswertung der Drehzahl bei Mehrzylinder-Brennkraftmaschinen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erfassung und Auswertung der Drehzahl bei Mehrzylinder-Brennkraftmaschinen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Verfahren zur Regelung von Brennkraftmaschinen, bei denen bestimmte Betriebsparameter wiederholt gemessen, verglichen und zu Regelzwecken ausgewertet werden, sowie Vorrichtungen zur Durchführung solcher Verfahren sind schon mehrfach bekannt.

So beschreibt z.B. die DE-OS 32 21 640 ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung einer Brennkraftmaschine. Eine Regelgröße einer Brennkraftmaschine wird hierbei kontinuierlich um einen berechneten Wert durch Vergrößern und Verkleinern um einen bestimmten Betrag geändert. Die Brennkraftmaschine wird mit dieser sich ändernden Regelgröße betrieben und es werden die Auswirkungen der Regelgrößenänderung auf den Betrieb der Brennkraftmaschine durch wiederholtes Erfassen und Auswerten der Drehzahl beobachtet. Aufgrund dieser Auswertung wird die Regelgröße in Richtung eines Optimalwertes hin verändert. Die Erfassung und Auswertung der Drehzahl erfolgt dabei derart, daß in jeder einer vorgegebenen Betriebsperiode in mehreren Zählperioden die Drehzahl der Brennkraftmaschine ermittelt wird, die entsprechenden Drehzahlwerte innerhalb jeder Betriebsperiode miteinander verglichen werden und das Ergebnis des Vergleichs zur Festlegung einer Änderungsrichtung der Regelgröße für eine darauffolgende Betriebsperiode benutzt wird. Die Dauer einer derartigen Betriebsperiode, innerhalb derer die Drehzahldifferenz ausgewertet wird sowie die Zählperiode selbst, erstreckt sich dabei über eine Anzahl von Zündvorgängen, so daß bei diesem Verfahren Drehzahländerungstendenzen bzw. Beschleunigungswerte nicht mehrmals pro Motordrehung ermittelt werden können und somit auch keine zeitkritischen Regelungsaufgaben, wie z.B. eine Antiruckelregelung, durchgeführt werden können. Ein weiterer Nachteil dieses Verfahrens ist, daß keine Aussagen gemacht werden können in Bezug auf die durch bestimmte einzelne Zylinder hervorgerufenen Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der gattungsgemäßen Art auszubilden, das es gestattet, die Auswertung der Drehzahl unter Vermeidung der oben genannten Nachteile zu unterschiedlichen Regelzwecken zu benutzen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 genannten Merkmale gelöst. Weitere Vorteile und Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteran-

sprüche und der Beschreibung.

Bei einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine wird ein Arbeitsspiel in mehrere gleich große Intervalle aufgeteilt. Über geeignete Sensoren wird die Drehbewegung der Brennkraftmaschine erfaßt und es werden die für jedes der vorbestimmten Intervalle des Arbeitsspieles erforderlichen Zeiten gemessen. Diese Meßwerte innerhalb eines jeden Arbeitsspieles werden in der Reihenfolge ihrer Ermittlung in aufeinanderfolgenden Speicherregisterzellen eines Steuergeräts abgelegt. Im darauffolgenden Arbeitsspiel werden wieder von Neuem die für die einzelnen Intervalle des neuen Arbeitsspieles erforderlichen Zeiten gemessen. Der nächste Verfahrensschritt vergleicht dann jeweils die entsprechenden gemessenen Zeiten des letzten Arbeitsspiels mit den in den Speicherregisterzellen befindlichen Werten des vorangegangenen Arbeitsspiels und ersetzt nach durchgeführter Subtraktion die gespeicherten Werte durch die jeweils neu gewonnenen Werte, z.B. durch Überschreiben der Speicherregisterinhalte. Die derart gewonnenen Vergleichswerte können sodann zu Regelungszwecken für die Brennkraftmaschine benutzt werden.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung sei nachstehend anhand der Zeichnung beschrieben. Es zeigt

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung

Fig. 2 einen Funktionsplan des erfindungsgemäßen Verfahrens

Fig. 3 einen Funktionsplan des Verfahrens nach Figur 2 in abgewandelter Form

Fig. 4 ein Beispiel für eine die mittlere Drehzahl  $\bar{n}$  beeinflussende Kennlinie

Fig. 5 ein Beispiel für eine die zeitliche Ableitung  $d\bar{n}/dt$  beeinflussende Kennlinie.

In der Figur 1 ist in einer Prinzipskizze eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit einer Brennkraftmaschine 1 sowie einer dazugehörigen Einspritzpumpe 2 zu sehen. Ein mit der Abtriebswelle der Brennkraftmaschine 1 gekuppelter Zahnkranz, z.B. eines Anlasserzahnrad 3, ermöglicht es, mit Hilfe eines geeigneten Sensors 4, der z.B. ein induktiver Sensor sein kann, die Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 zu erfassen und an das Steuergerät 5, in welchem die gemessenen Drehzahlwerte gespeichert werden, weiterzugeben. Das Steuergerät 5 führt auch eine Auswertung der Drehzahlwerte mittels Algorithmen und Vergleichsoperationen durch und gibt die Ergebnisse dieser Auswertung an eine Einheit 6 zum Ansteuern entsprechender Stellglieder an der Brennkraftmaschine 1, wie z.B. der Einspritzpumpe 2, weiter.

Der in Figur 2 dargestellte Funktionsplan zeigt einen Drehzahlsensor 4, der die Drehzahl einer mit der Abtriebswelle einer Brennkraftmaschine gekuppelten Einrichtung, wie z.B. eines Anlasserzahnrad, erfaßt. Der in diesem Block dargestellte Signalverlauf des z.B. induktiven Sensors 4 wird in einem Impulsformer 7 zu dem dort dargestellten Signalverlauf umgeformt. Die Impulse aus dem Impulsformer 7 steuern, nachdem sie in einem Frequenzteiler 8 geteilt wurden, eine Torschaltung 9, mittels derer die in einem Generator 10 erzeugten Zählimpulse an einen Zähler 11 gelangen. Die Länge der Zählintervalle, d.h. die Anzahl der Zähne des Anlasserzahnrad, die während eines Intervalls den Sensor 4 passieren, ist so gewählt, daß das Verhältnis der Anzahl  $k$  dieser Zähne ein ganzzahliger Teiler der Gesamtzähnezahl  $i$  des Anlasserzahnrad ist. Auf diese Weise ist ein Betrieb ohne sog. Jitter, d.h. ohne Synchronisationsfehler gewährleistet. Dieses Verhältnis  $i/k$  bildet das Teilverhältnis des Frequenzteilers 8. Mit Hilfe dieses Frequenzteilers 8 wird also ein Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine -entsprechend zwei Kurbelwellenumdrehungen bei einer Viertakt-Brennkraftmaschine- in einzelne, gleich große Intervalle unterteilt, während derer die Zählimpulse des Generators 10 zum Zähler 11 gelangen. Durch die feste Frequenz des Zählimpulsgenerators 10 ist der Zählerstand des Zählers 11 ein Maß für die Drehgeschwindigkeit des Anlasserzahnrad und somit auch der Brennkraftmaschine. Er verhält sich dabei umgekehrt proportional zur Drehgeschwindigkeit der Brennkraftmaschine. Die Meßergebnisse der Drehgeschwindigkeiten in den einzelnen Intervallen jedes Arbeitsspiels, d.h. die Zählerstände für diese Intervalle gelangen nacheinander einerseits über ein Schieberegister 12 zu einem Einleseverteiler 13 und andererseits zu einem Subtrahierer 14.

Der Einleseverteiler 13 gibt alle Meßergebnisse eines Intervalls nacheinander an jeweils eine der aufeinanderfolgenden Speicherregisterzellen  $R_1, \dots, R_n$  eines Speicherregisters 15. Das Meßergebnis des ersten Intervalls wird also in der Registerzelle  $R_1$  abgespeichert, das des zweiten Intervalls in  $R_2$  usw. Bei einer Viertakt-Brennkraftmaschine, deren Kurbelwelle und damit auch das Anlasserzahnrad zwei Umdrehungen pro Arbeitsspiel durchläuft, sind zur vollständigen Speicherung aller Meßergebnisse eines Arbeitsspiels  $n=2i/k$  Speicherregisterzellen erforderlich, wobei  $i$  die Gesamtzähnezahl des Anlasserzahnrad und  $k$  die Anzahl der Zähne des Anlasserzahnrad, die das Zählintervall festlegen, bedeuten. Bei einer Gesamtzähnezahl von beispielsweise  $i=144$  Zähnen des Anlasserzahnrad und einem gewählten  $k=24$  Zähnen für jedes Zählintervall sind demnach  $2i/k=12$  Registerzellen  $R_1$  bis  $R_{12}$  zur Speicherung

der Meßwerte eines Arbeitsspiels notwendig.

In einem darauffolgenden Verfahrensschritt werden die einzelnen Meßergebnisse der Intervalle des momentanen Arbeitsspiels mit den über einen mit dem Einleseverteiler 13 gekoppelten Ausleseverteiler 16 aus dem Register 15 ausgelesenen entsprechenden Meßergebnissen des vorangegangenen Arbeitsspiels mit Hilfe des Subtrahierers 14 verglichen und zu Regelzwecken an der Brennkraftmaschine ausgewertet. Nach erfolgtem Vergleich wird das Meßergebnis jedes Intervalls des aktuellen Arbeitsspiels, über das Schieberegister 12 gesteuert, an das Speicherregister 15 gegeben und überschreibt dort den Wert des vorangegangenen Intervalls bis die Ergebnisse des gesamten aktuellen Arbeitsspiels im Register 15 gespeichert sind. Dieses Verfahren wird dann für jedes weitere Arbeitsspiel periodisch fortgesetzt, wobei also immer jedes Intervall eines vorangegangenen Arbeitsspiels mit dem entsprechenden Intervall des darauffolgenden Arbeitsspiels verglichen wird. Aus diesem Vergleich können Erkenntnisse über die Drehungleichförmigkeit der Brennkraftmaschine gewonnen werden, die dann zu Regelzwecken ausgewertet werden.

Dadurch, daß die genannten Messungen mehrmals während jedes Arbeitsspiels gemacht werden, können Drehzahländerungen frühzeitig erkannt werden und durch Beobachtung der Änderungstendenzen können gewollte Drehzahländerungen, wie sie z.B. die Folge eines Beschleunigungsvorganges sind, einfach und sicher von Drehungleichförmigkeiten unterschieden werden. Dies ist insbesondere bei niedrigen Drehzahlen von großer Bedeutung, da in diesem Fall das Störsignal, d.h. die Drehungleichförmigkeit, das Nutzdrehzahlensignal um ein Mehrfaches überwiegen kann. Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist darin zu sehen, daß es die Möglichkeit bietet, auch Ungleichförmigkeiten im Betriebsverhalten einzelner Zylinder festzustellen. Dies geschieht in einfacher Weise dadurch, daß das Verhältnis der Gesamtzähnezahl  $i$  des Anlasserzahnrad zur Anzahl  $k$  der Zähne in jedem Zählintervall gleich der Zylinderzahl der Brennkraftmaschine oder einem Vielfachen davon ist. Auf diese Weise läßt sich jedes Meßergebnis eindeutig einem bestimmten Zylinder bzw. sogar einem bestimmten Arbeitstakt eines Zylinders zuordnen und es können -wiederum durch Vergleich der entsprechenden Meßergebnisse von aufeinanderfolgenden Arbeitsspielen- Ungleichförmigkeiten im Betriebsverhalten eines einzelnen Zylinders, z.B. durch Kompressionsverlust, erkannt und zu Regelzwecken, z.B. mittels Mehreinspritzung, genutzt werden.

Aus den Meßergebnissen aller Intervalle eines Arbeitsspiels wird mit Hilfe des Glieds 17 jeweils der Mittelwert gebildet und dieser Mittelwert  $a$  für

eine bestimmte Anzahl  $m$  von Arbeitsspielen in einzelnen Speicherregisterzellen  $R_{a1}, \dots, R_{am}$  eines Schieberegisters gespeichert. Nach Ablauf einer bestimmten vorgebbaren Zeit bzw. einer bestimmten Anzahl von Arbeitsspielen ermittelt der Tiefpaß 18 aus den mit registerbezogenem Gewichtungsfaktor multiplizierten Speicherinhalten der Registerzellen  $R_a$  eine gewichtet gemittelte Drehzahl  $\bar{n}$  der Brennkraftmaschine, sowie in einem Differenzierglied 19 die erste zeitliche Ableitung  $d\bar{n}/dt$  dieser mittleren Drehzahl.

Sowohl das Signal der mittleren Drehzahl  $\bar{n}$ , als auch das der Ableitung  $d\bar{n}/dt$  werden als Eingangsgröße je einem schematisch dargestellten Kennlinienfeld 20 bzw. 21 zugeführt, wobei die Kennlinie für das Signal der mittleren Drehzahl  $n$  z.B. den in Figur 4 gezeigten Verlauf aufweisen kann und die Kennlinie für das Signal der Ableitung  $d\bar{n}/dt$  beispielsweise den in Figur 5 gezeigten Verlauf. Die aus den Kennlinien ermittelten Ausgangsgrößen  $\bar{n}_v$  bzw.  $d\bar{n}_v/dt$  gelangen zu einem Summierungspunkt 22 und von dort aus zu einem Komparator bzw. Subtrahierer 23, der aus diesem Signal und den oben beschriebenen Ergebnissen des Vergleichs der Drehgeschwindigkeiten der einzelnen entsprechenden Intervalle, die vom Subtrahierer 14 stammen, in der Endstufe 24 zur Regelung der Brennkraftmaschine aufzubereitende Stellgrößen erzeugt.

Figur 3 zeigt eine Abwandlung des Funktionsplans nach Figur 2, wobei übereinstimmende Teile mit den gleichen Bezugszeichen wie in Figur 2 versehen sind. Im Unterschied zum Ausführungsbeispiel nach Figur 2 wird hierbei die mittlere Drehzahl  $\bar{n}$  und die daraus ermittelte Ableitung  $d\bar{n}/dt$  nicht aus den gemittelten Intervall-Meßwerten  $a$  gewonnen, sondern die Drehzahlimpulse gelangen direkt vom Impulsformer 7 über eine weitere Torschaltung 25 und einen eigenen Zähler 26 zum Tiefpaß 18, wo sie zu den erforderlichen Werten weiterverarbeitet werden.

Bei einer möglichen Realisierung des Verfahrens mit Hilfe eines programmierbaren Mikroprozessors kann auf einfache Weise die Erfassung und Auswertung der Meßergebnisse bestimmter Intervalle der periodisch wiederkehrenden Arbeitsspiele ausgesetzt werden, um dadurch Rechenzeit für andere Aufgaben, wie z.B. für Diagnosezwecke oder zur Gewinnung von Übertragungszeit für serielle Schnittstellen, zu schaffen.

Desweiteren ist es bei dem Einsatz eines Mikroprozessors möglich, einfache, jedoch echtzeitkritische Operationen, wie z.B. die Zähl- oder Vergleichsoperationen innerhalb des Verfahrens, über Hard- bzw. Firmware zu realisieren, während aufwendigere und rechenzeitintensive Operationen, wie sie z.B. die Mittelwertbildung und die Differenzierung darstellen, im Hintergrund über Software-

realisierung ablaufen, um dann als Vergleichs- bzw. Korrekturwert im Komparator/ Subtrahierer 23 Berücksichtigung zu finden.

## Ansprüche

1. Verfahren zur Erfassung und Auswertung der Drehzahl bei Mehrzylinder-Brennkraftmaschinen mit einem Sensor zur Erfassung der Drehzahl, einem Steuergerät mit Speicherregistern zur Speicherung der gemessenen Drehzahlwerte und mit einem Vergleichs- zur Auswertung der gespeicherten Werte bestimmter Speicherregister und momentaner Werte, sowie mit einer Einheit zum Ansteuern entsprechender Stellglieder mit den Ergebnissen dieser Auswertung zur Beeinflussung der Brennkraftmaschine, wobei folgende wiederkehrende Schritte ausgeführt werden:

a) Messung der für bestimmte aufeinanderfolgende, gleich große Intervalle eines Arbeitsspiels erforderlichen Zeiten,

b) Abspeicherung dieser Meßergebnisse in getrennten, aufeinanderfolgenden Speicherregistern ( $R_1, \dots, R_n$ ), **gekennzeichnet durch**,

c) Wiederholung des Schrittes a) für das darauffolgende Arbeitsspiel,

d) Subtraktion der entsprechenden einzelnen Meßergebnisse der beiden aufeinanderfolgenden Arbeitsspiele und Ersetzen der in den entsprechenden Registern ( $R_1, \dots, R_n$ ) gespeicherten Meßergebnisse des vorangegangenen Arbeitsspiels durch die entsprechenden Meßergebnisse des darauffolgenden Arbeitsspiels,

e) Auswertung des Ergebnisses des Vergleichs für Regelzwecke.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

**gekennzeichnet durch**

Messung der für das Vorbeilaufen einer bestimmten Anzahl ( $k$ ) von Zähnen eines mit dem Abtrieb der Brennkraftmaschine gekuppelten Zahnkranzes benötigten Zeit.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet**,

daß der Vergleich der einzelnen Meßergebnisse mit einem aus den gewichteten Mittelwerten ( $\bar{n}$ ) aus den Meßergebnissen der vorangegangenen Arbeitsspiele gewonnenen Vergleichswert erfolgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis

3,

**dadurch gekennzeichnet**,

daß der Vergleich der einzelnen Meßergebnisse mit einem aus den gewichteten Mittelwerten der zeitlichen Ableitungen ( $d\bar{n}/dt$ ) aus den Meßergebnissen der vorangegangenen Arbeitsspiele gewonnenen Vergleichswert erfolgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis

4,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Verfahrensschritte bestimmter Intervalle der periodisch wiederkehrenden Arbeitsspiele ausgesetzt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, 5

**dadurch gekennzeichnet,**

daß zeitkritische, einfache Verfahrensschritte durch Hard-/ Firmware realisiert sind, während rechenzeitintensive, nicht-zeitkritische Verfahrensschritte durch Software realisiert sind und im Hintergrund ablaufen. 10

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

**dadurch gekennzeichnet,** 15

daß zur Messung der Zeit die Zähne eines Anlasserzahnades (3) von einem Sensor (4) erfaßt werden und die Anzahl (k) der bei den jeweiligen Einzelmessungen erfaßten Zähne ein Teiler der Gesamtzähnezahl (i) des Anlasserzahnades (3) ist. 20

8. Vorrichtung nach Anspruch 7,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß zur Messung der Zeit die Zähne eines Anlasserzahnades (3) von einem Sensor (4) erfaßt werden und das Verhältnis von Gesamtzähnezahl (i) des Anlasserzahnades (3) zur Anzahl (k) der für eine Einzelmessung erfaßten Zähne der Zylinderzahl der Brennkraftmaschine (1) oder einem Vielfachen davon entspricht. 25

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, 30

**dadurch gekennzeichnet,**

daß der Sensor (4) ein induktiver Sensor ist.

35

40

45

50

55

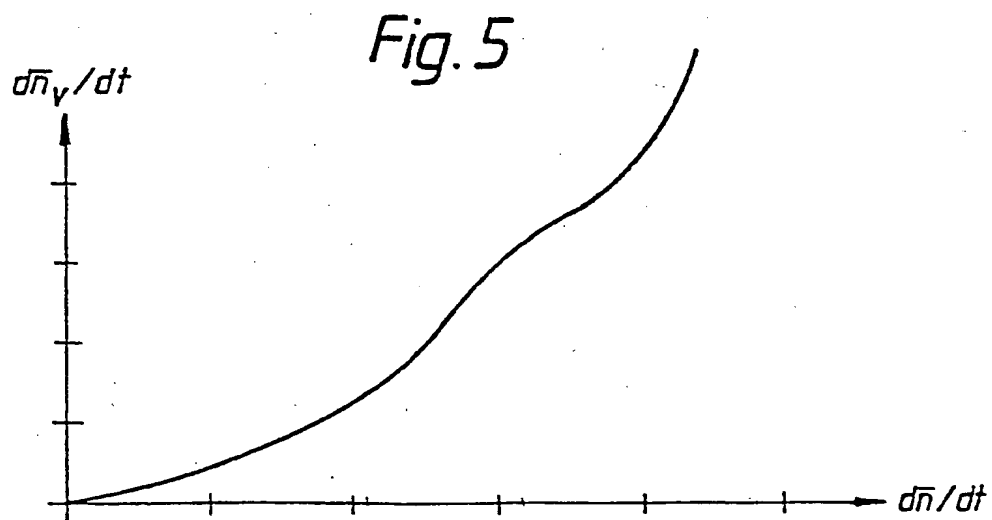
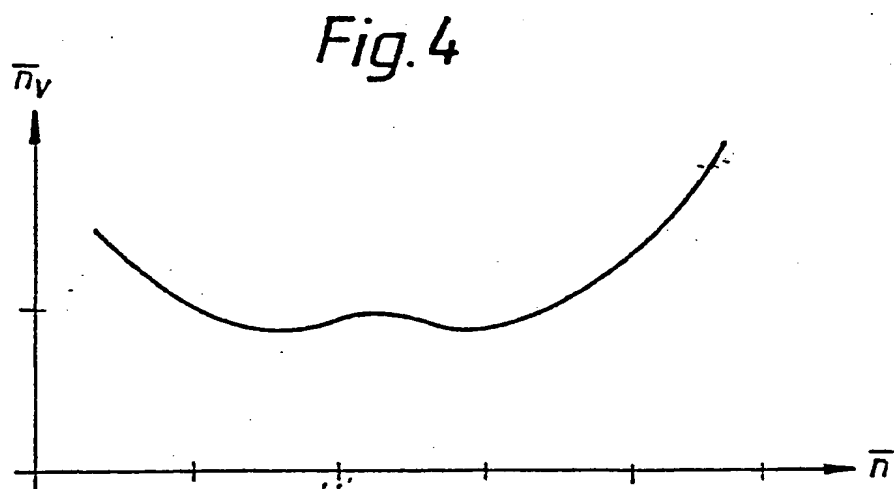
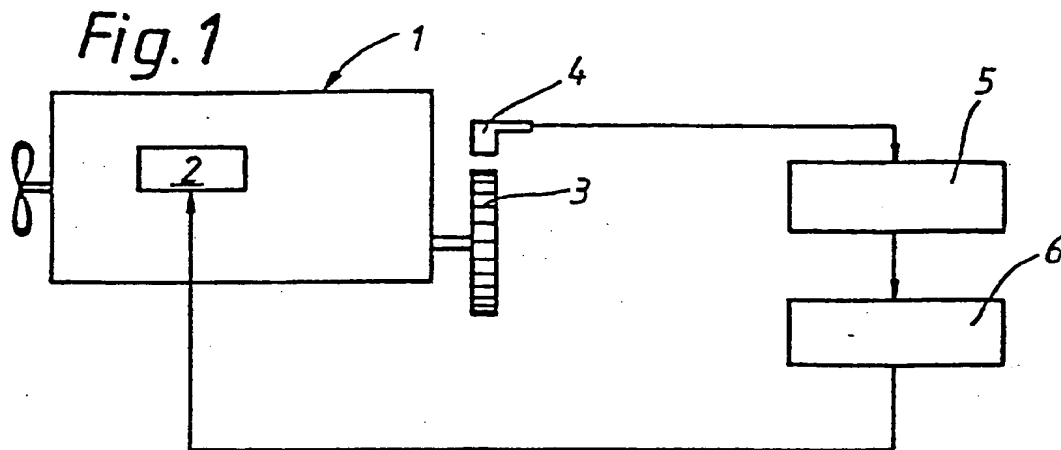


Fig. 2

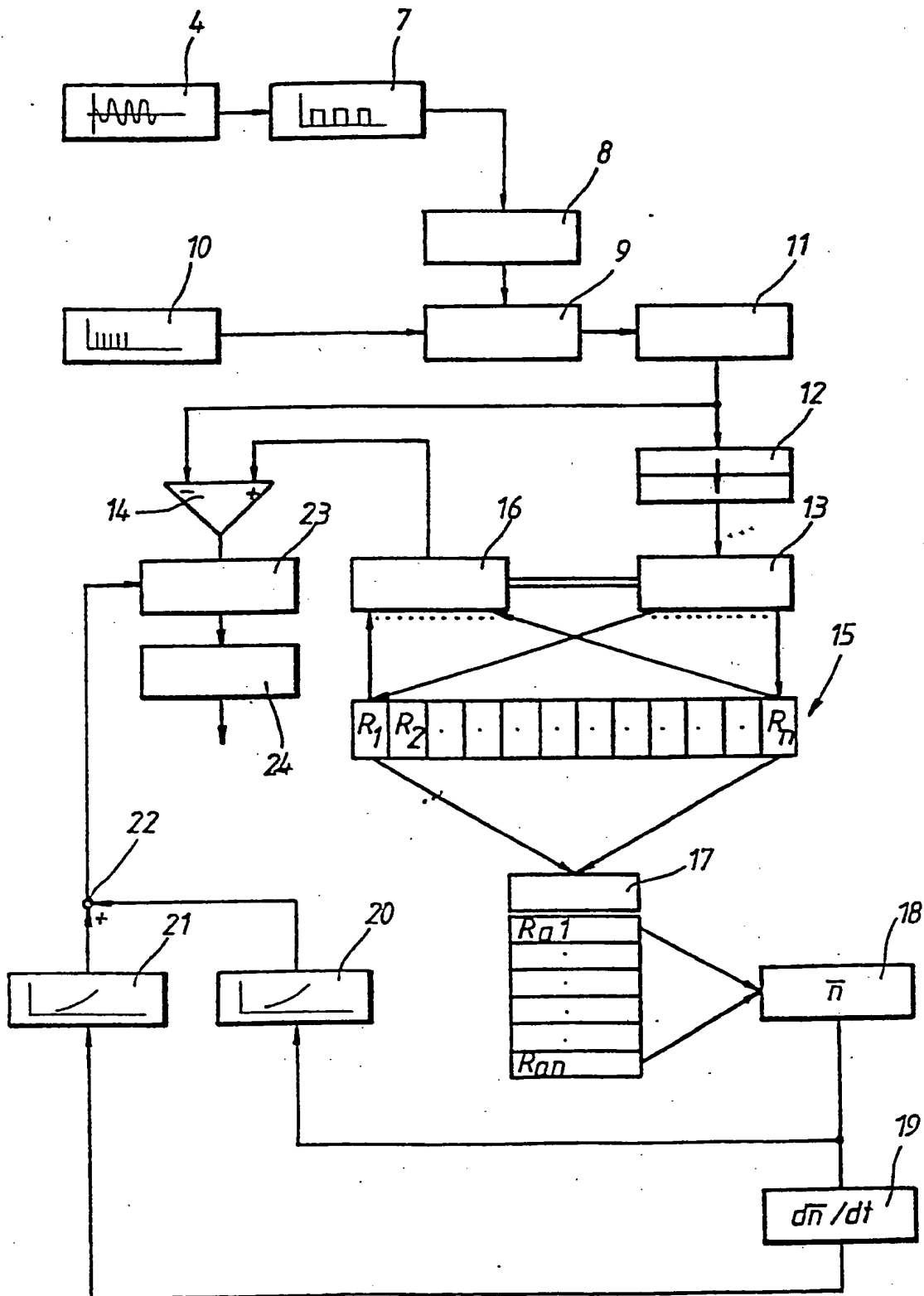
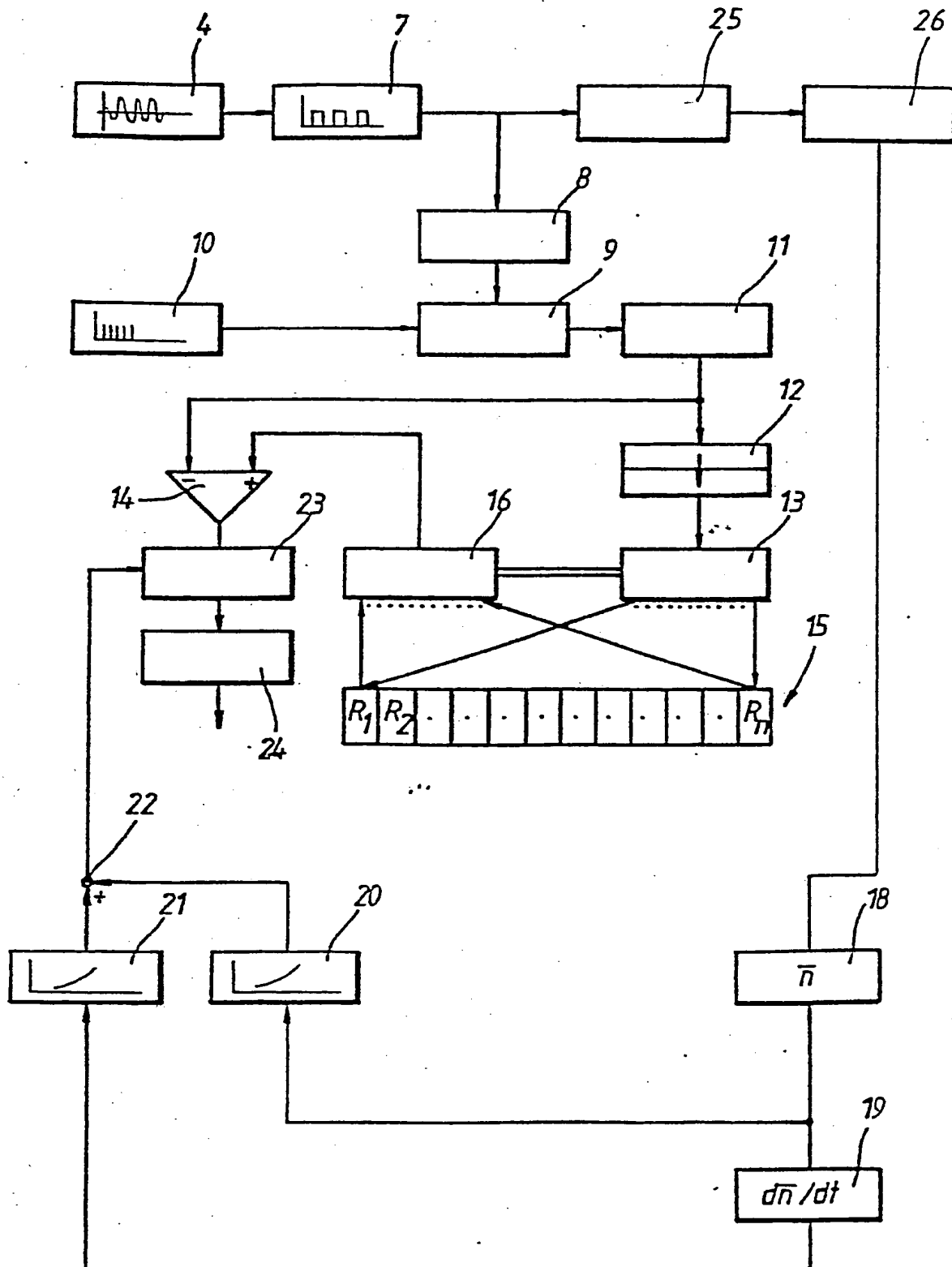


Fig. 3







Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 89 11 8008

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	US-A-4 590 907 (TSUKAMOTO et al.) * Insgesamt * ---	1	F 02 D 41/16 G 01 P 3/48 F 02 D 41/28
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 9, Nr. 191 (M-402)[1914], 7. August 1985; & JP-A-60 56 145 (ISUZU) 01-04-1985 ---	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 10, Nr. 163 (M-487)[2219], 11. Juni 1986; & JP-A-61 14 446 (NIPPON DENSO) 22-02-1986 -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			F 02 D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	06-02-1990	GAGLIARDI P.	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**